

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **2 624 993** (13) C1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[G01S 13/74 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 08.10.2018)

(21)(22) Заявка: [2016121285](#), 30.05.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.05.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.05.2016

(45) Опубликовано: [11.07.2017](#) Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU2345379 C1, 27.01.2009.  
RU2172965 C1, 27.08.2001. SU1236906 A2,  
20.02.1997. US4107630 A, 15.08.1978.  
US5032843 A, 16.07.1991.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УрФУ, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Носков Владислав Яковлевич (RU),  
Иванов Вячеслав Элизбарович (RU),  
Игнатков Кирилл Александрович (RU),  
Кудинов Сергей Иванович (RU),  
Гусев Андрей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

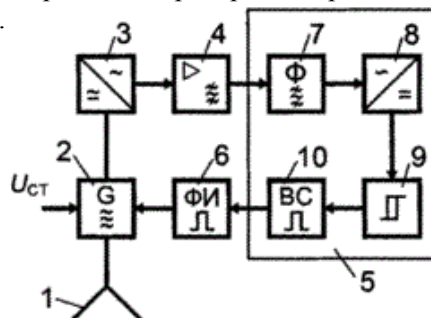
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)

## (54) АВТОДИННЫЙ ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИК СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к радиолокации с активным ответом, и может быть использовано в аэрологических радиозондах систем радиозондирования атмосферы для измерения наклонной дальности до радиозонда импульсным методом, пеленгации по угловым координатам и передачи телеметрической информации на одной несущей частоте. Задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, состоит в увеличении чувствительности устройства в режиме приема запросного радиоимпульса, уменьшении флуктуаций временного положения, глубины и продолжительности ответной паузы, сужении спектра излучения приемопередатчика, повышении его помехозащищенности от воздействия активных помех и упрощении настройки устройства. Технический результат достигается тем, что в предлагаемом устройстве, содержащем СВЧ генератор и связанную с ним приемопередающую антенну, СВЧ генератор выполнен с возможностью электрического управления частотой и к нему подключены последовательно соединенные блок выделения автодинного сигнала, усилитель, обнаружитель запросного сигнала и формирователь импульса ответной паузы. При этом выход формирователя импульсов ответной паузы связан с СВЧ генератором. Обнаружитель запросного сигнала состоит из последовательно соединенных

полосового фильтра, линейного детектора, компаратора и временного селектора запросных импульсов. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к радиолокации с активным ответом, и может быть использовано в аэрологических радиозондах (АРЗ) систем радиозондирования атмосферы для измерения наклонной дальности до радиозонда импульсным методом, пеленгации по угловым координатам и передачи телеметрической информации на одной несущей частоте.

Отечественные системы радиозондирования атмосферы построены по принципу угломерно-дальномерного измерения координат, скорости и направления движения радиозонда в свободной атмосфере. Измерение угловых координат (азимута и угла места), а также наклонной дальности импульсным методом с активным ответом особенно эффективным оказалось при использовании на борту радиозондов в качестве ответчика приемопередающее устройство, выполненное на основе СВЧ автогенератора, работающего в сверхрегенеративном режиме. Интенсивное излучение сверхрегенеративного приемопередатчика (СПП) обеспечивает надежное сопровождение шара-зонда по угловым координатам и дальности, а также одновременную передачу телеметрической информации о состоянии атмосферы до расстояний 250...300 км. Высокая чувствительность СПП к радиоимпульсному запросному сигналу позволяет сформировать ответный сигнал по дальности в виде короткой паузы в излучении приемопередатчика при пониженной мощности запросного радиоимпульса передатчика РЛС. Весьма важным при этом оказывается тот факт, что система определения координат и канал передачи телеметрической информации системы радиозондирования работают на одной несущей частоте, что существенно упростило построение системы радиозондирования в целом. Кроме того, совмещение в одном каскаде - СВЧ автогенераторе одновременно функций передатчика и приемника значительно упростило и удешевило конструкцию АРЗ. Это явилось решающим фактором при выборе типа приемопередатчика в пользу СПП в АРЗ, как устройствах разового применения, (см. обзор: Современное состояние и перспективы развития систем радиозондирования атмосферы в России / В.Э. Иванов, А.В. Гусев, К.А. Игнатков, С.И. Кудинов, И.В. Малыгин, В.Я. Носков, О.В. Плохих, В.В. Рысев, О.А. Черных // Успехи современной радиоэлектроники. - 2015. - №9. - С. 3-49, [1]; книгу: Иванов В.Э., Фридзон М.Б., Ессяк С.П. Радиозондирование атмосферы. Технические и метрологические аспекты разработки и использования радиозондовых измерительных средств. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. 596 с. [2]; патент: SU 115078, 01.01.1958.).

Известны приемопередатчики, входящие в состав аппаратуры АРЗ, предназначенные для приема запросных радиоимпульсов, формирования ответной паузы и передачи телеметрической информации о параметрах атмосферы (см. патенты на изобретения SU 1106262, 10.01.1997.; SU 1236906 A2, 20.02.1997.; RU 2172965 C1, 27.08.2001.; RU 2214614 C2, 20.10.2003.; RU 2291467 C2, 10.01.2007.; RU 2470323 C1, 20.12.2012.; полезную модель RU 49283 U1, 10.11.2005.; RU 50682 U1, 20.01.2006.; RU 56001 U1, 28.03.2006.; RU 67729 U1, 27.10.2007.; RU 93546 U1, 27.04.2010.; RU 104326 U1, 10.05.2011.). Данные приемопередатчики выполнены на основе связанного с приемопередающей антенной СВЧ генератора, работающего в сверхрегенеративном режиме

Проблема применения известных СПП в системах радиозондирования атмосферы состоит в недостаточной стабильности режима работы устройства, которая ограничивает дальность действия системы и является причиной частых отказов работы системы. Суть этой проблемы состоит в следующем.

СВЧ генератор СПП работает в условиях сложного переходного процесса, сопровождающегося изменениями амплитуды колебаний от уровня собственных шумов (порядка долей микровольта) до больших установившихся значений (десятки вольт). При этом происходят изменения как резистивной, так и реактивной

составляющих проводимости активного элемента СВЧ генератора (транзистора, диода Ганна, лавинно-пролетного диода).

Известно, что для обеспечения высокой чувствительности в режиме приема запросных радиоимпульсов СВЧ генератор СПП должен обеспечивать «мягкий» режим возбуждения колебаний при условии плавного изменения инкремента генератора в момент его пуска. Тогда как для обеспечения достаточно высокой выходной мощности СВЧ генератора, необходимой для надежной передачи телеметрической информации о состоянии атмосферы, он должен работать в режиме «жесткого» возбуждения колебаний [2]. При этом возникает еще одна сторона проблемы, которая состоит в необходимости совмещения частот приема и передачи.

Частота приема  $f_{\text{пр}}$  определяется как частота максимума амплитудно-частотной характеристики СПП, а частота передачи  $f_{\text{пер}}$  - как частота максимума спектра их излучения (см. фиг. 3 патента RU 2172965 C1, 27.08.2001.). Отличия этих частот у СВЧ генераторов связано с изменениями частоты его генерации в течение переходного процесса формирования радиоимпульса (см. фиг. 4 патента RU 2172965 C1, 27.08.2001.; см. фиг. 5, RU 2470323 C1, 20.12.2012.; публикацию [3]). Данные изменения обусловлены зависимостью реактивной составляющей активного элемента генератора от амплитуды колебаний. При этом следует заметить, что полоса приема, имеющая центральную частоту  $f_{\text{пр}}$ , формируется в момент начала регенеративного нарастания радиоимпульса в генераторе, когда амплитуда еще мала. Тогда как центральная частота излучения приемопередатчика  $f_{\text{пер}}$  соответствует частоте автоколебаний стационарного режима (вершине радиоимпульса), где амплитуда первой гармоники тока (напряжения) активного элемента СВЧ генератора максимальная. Дополнительное расхождение частот приема  $f_{\text{пр}}$  и передачи  $f_{\text{пер}}$  вызывают изменения температуры окружающей среды в процессе подъема АРЗ в атмосфере.

Известно устройство (прототип), содержащее СВЧ генератор, связанный с приемопередающей антенной (см. патент RU 2345379 C1, 27.01.2009.). Это устройство по сравнению с аналогами является наиболее совершенным. В нем указанные выше противоречия и недостатки разрешены путем применения сложной формы запускающих импульсов (например, двухступенчатой) и использованием дополнительных средств для стабилизации режима активного элемента СВЧ генератора. Кроме того, найдены решения для уменьшения расхождения частот приема и передачи путем перехода от простейшей одноконтурной колебательной системы СВЧ генератора к двух- и трехконтурным системам.

Однако у прототипа и известных аналогов имеются общие существенные недостатки.

1. Недостаточная чувствительность устройства в режиме приема, которая ограничивается ударными колебаниями, присущими сверхрегенеративному режиму работы СВЧ генератора при формировании переднего фронта радиоимпульса (см. стр. 140-146, [4], фиг.4, RU 2345379 C1, 27.01.2009.; фиг. 4, RU 2470323 C1, 20.12.2012.).

2. Асинхронность процессов формирования приемного окна СПП и посылок запросных радиоимпульсов наземной РЛС вызывает дополнительные флуктуации временного положения, глубины и продолжительности ответной паузы (см. фиг. 5 патента на изобретение RU 2368916 C2, 27.09.2009.; стр. 566, рис. 4.4.18, [2]). Это является причиной принципиально неустранимой составляющей дополнительной ошибки измерения наклонной дальности.

3. Широкий спектр излучения СПП (порядка 1,5...2 МГц) и его шумовой характер создает проблемы электромагнитной совместимости, например, работе систем ГЛОНАСС/GPS (см. стр. 532-537, рис. 4.3.34, [2]).

4. Недостаточная помехозащищенность СПП от воздействия активных помех. При появлении помех на частоте приема СПП формирует ложные ответные паузы, которые при продолжительном воздействии помех нарушают работу каналов измерения дальности и приема телеметрической информации системы радиозондирования.

5. Сложность настройки СПП, связанная с тем, что изменения одного из параметров влечет изменение другого, например, регулировка условий возбуждения колебаний вызывает изменение несущей частоты (см. описание RU 2470323 C1, 20.12.2012.).

Таким образом, техническая задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, состоит в увеличении чувствительности устройства в режиме приема запросного радиоимпульса, уменьшении флуктуаций временного положения, глубины и продолжительности ответной паузы, сужении спектра излучения

приемопередатчика, повышении его помехозащищенности к воздействию активных помех и упрощении настойки устройства.

Технический результат достигается тем, что в предлагаемом автодинном приемопередатчике, содержащем СВЧ генератор и связанную с ним приемопередающую антенну, для решения поставленной задачи СВЧ генератор выполнен с возможностью электрического управления частотой и к нему подключены последовательно соединенные блок выделения автодинного сигнала, усилитель, обнаружитель запросного сигнала и формирователь импульса ответной паузы, при этом выход формирователя импульсов ответной паузы связан с СВЧ генератором.

В результате поиска альтернативных решений в данной и смежной областях применения радиолокационных приемопередатчиков среди патентных источников (см., например, патенты SU 1818605 A1; RU 2096805 C1; RU 2321021 C1; фиг. 1 и 2 патента US 5486830 A) и литературы (см. стр. 706, фиг. 13.8, [5]; стр. 658-659, рис. 23.2, 23.3, [6]; стр. 489, рис. 7, [7]) установлено, что известные устройства выполнены на основе СВЧ генераторов, работающих в сверхрегенеративном режиме, или в них предусмотрены отдельные узлы приемника запросного радиоимпульса и передатчика ответного сигнала. Следовательно, предлагаемое техническое решение обладает новизной, поскольку авторам не известны устройства аналогичного назначения, содержащие признаки, которые фигурируют в предлагаемом изобретении в качестве отличительных признаков.

Анализ результатов патентного поиска показал, что предлагаемое решение не следует явным образом из уровня техники. Из определенного выше уровня техники не выявлена известность влияния существенных признаков заявляемого технического решения на достижение указанного технического результата. Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень».

Изобретение направлено на улучшение характеристик работы систем радиозондирования, предназначенных для получения метеорологических данных о состоянии атмосферы, что необходимо для различных отраслей деятельности человека. Таким образом, заявляемое изобретение соответствует критерию «промышленная применимость».

Сущность изобретения поясняется чертежом (фиг. 1), на котором представлена структурная схема автодинного приемопередатчика.

Автодинный приемопередатчик системы радиозондирования атмосферы содержит (см. фиг. 1) связанный с приемопередающей антенной 1 СВЧ генератор 2, выполненный с возможностью электрического управления частотой, к которому подключены последовательно соединенные блок выделения 3 автодинного сигнала, усилитель 4, обнаружитель 5 запросного сигнала и формирователь 6 импульса ответной паузы, выход которого связан с СВЧ генератором 2.

Приемопередающая антенна 1 может иметь различное исполнения, зависящее от требований к диаграмме направленности и рабочего диапазона частот, например, в виде несимметричного четвертьволнового вибратора (см. фиг. 4 и 8 патента RU 2214614 C2), щелевого вибратора, рупорной, диэлектрической стержневой, спиральной антенны или типа «волновой канал» (см. соответственно стр. 115, 149, 218, 239, 260, [8]) СВЧ генератор 2, может быть выполнен, например, в виде СВЧ генераторного модуля на основе транзистора (см. фиг. 7 и 8 патента RU 2345379 C1), на диоде Ганна или лавинно-пролетном диоде (см. стр. 194, 195, рис. 4.24 и 4.25, [9]). Для обеспечения модуляции частоты генерации сигналом телеметрии в резонатор СВЧ генератора может быть помещен варикап (см. стр. 80-84, [10]) или использован метод модуляции изменением питающего напряжения (см. стр. 76-80, [10]).

Блок 3 выделения автодинного сигнала также имеет альтернативные технические решения. Например, при регистрации автодинного сигнала в цепи питания СВЧ генератора 2 блок 3 выделения может быть выполнен в соответствии с одной из схем, представленных в статье [11]. В случае регистрации сигнала по изменению амплитуды колебаний блок 3 выделения автодинного сигнала обычно выполняется на основе детекторного диода. Этот диод помещается непосредственно в резонатор СВЧ генератора 2 или в связанную с резонатором передающую линию (см., например, фиг. 2 патента RU 2295911 C1, 27.03.2007.; фиг. 1 статьи [12]).

Усилитель 4 автодинного сигнала может быть выполнен в виде обычного полосового усилителя с линейной (см., например, стр. 57-67, рис. 4.3. [13]) или логарифмической амплитудной характеристикой (см., например, стр. 240-241, рис. 12.10 и 12.12. [13]).

Обнаружитель 5 сигнала запроса может иметь различные технические решения, направленные на выделение сигнала на фоне шумов и помех, идентификацию (различение) и принятие решения о его наличии. Вопросы реализации вариантов

этого устройства широко рассмотрены в технической литературе (см., например, стр. 66-166, [14]). Одно из возможных решений обнаружителя 5, представленное на фиг. 1, содержит следующие друг за другом узлы: полосовой фильтр 7, линейный детектор 8, компаратор 9 и временной селектор 10 импульсов.

В качестве полосового фильтра 7 может использоваться фильтр на поверхностных акустических волнах (ПАВ), с центральной частотой, равной частоте автодинного сигнала, а полоса  $P_{\text{ПАВ}}$  пропускания его определяется условием прохождения радиоимпульса запроса без существенных искажений:  $P_{\text{ПАВ}} \approx 6/t_{\text{и}}$ , где  $t_{\text{и}}$  - длительность импульса (см. рис. 4.22, стр. 72, стр. 241-243, [13]). В качестве линейного детектора 8 может использоваться диодный амплитудный детектор, выполненный по последовательной или параллельной схеме (см. рис. 7.1, стр. 123, рис. 7.8, стр. 131, [13]). Компаратор 9 может быть выполнен на микросхеме K521CA3 согласно электрической схеме, приведенной на рис. 6.7,6 стр. 170, [15]. Временной селектор 10 им пульсов может быть выполнен по одной из электрических схем селекторов импульсов по длительности, представленных на рис. 6.8 и описанных на стр. 117-119 книги [16], а также на стр. 509-511, 516-517, [17]. Формирователь 6 импульса ответной паузы может быть выполнен на микросхеме таймера КР1006 ВИ1 (см. рис. 7.6, стр. 191, [15]).

Устройство работает следующим образом.

При подаче на устройство напряжения питания в СВЧ генераторе 2 (см. фиг. 1) возникают СВЧ колебания, которые в виде электромагнитных волн через приемопередающую антенну 1 излучаются на частоте  $f_{\text{изл}}$  по направлению РЛС радиозондирования атмосферы. При этом сигнал телеметрии  $U_{\text{СТ}}$  (см. фиг. 1), подаваемый на встроенный в резонатор СВЧ генератора 2 варикап, вызывает частотную модуляцию этого излучения.

В соответствии с заложенным в работу РЛС принципом действия (см. стр. 74-87, [2]) радиоприемное устройство РЛС посредством направленной антенны осуществляет прием телеметрического сигнала с борта АРЗ. При этом системой привода и управления антенной выполняется измерение угловых координат положения АРЗ относительно РЛС.

Радиопередающее устройство РЛС вырабатывает периодические (с частотой повторения около 500 Гц) послышки коротких (порядка 1 мкс) радиоимпульсов запроса, которые с помощью направленной антенны РЛС на частоте  $f_{\text{запр}}$  посылаются в направлении АРЗ.

Принятое на борту АРЗ антенной 1 излучение преобразуется в электрические колебания, которые в виде запросных радиоимпульсов, имеющих частоту  $f_{\text{запр}}$ , поступают в резонатор СВЧ генератора 2. Здесь они смешиваются с собственными колебаниями СВЧ генератора 2, имеющими частоту  $f_{\text{пер}}$ . Образовавшаяся смесь, взаимодействуя на нелинейности активного элемента СВЧ генератора 2, вызывает автодинные изменения частоты и амплитуды колебаний, а также среднего значения величины смещения (тока или напряжения) активного элемента. При этом происходит перенос энергии принимаемого сигнала на разностную частоту  $f_{\text{разн}} = f_{\text{пер}} - f_{\text{запр}}$  в соответствии с известным принципом работы автодинного преобразователя частоты (см. стр. 150-180, [18]).

Автодинные изменения величины смещения (тока или напряжения) активного элемента или амплитуды колебаний СВЧ генератора 2 с помощью блока 3 выделения автодинного сигнала преобразуются в выходной сигнал разностной частоты  $f_{\text{разн}}$ , который после усиления в усилителе 4 поступает в обнаружитель 5 запросного сигнала. Здесь запросные радиоимпульсы РЛС селективируются по частоте полосовым фильтром 7, детектируются линейным детектором 8 и в случае превышения порогового уровня компаратора 9 поступают на вход временного селектора импульсов 10. Временной селектор импульсов 10 при соответствии длительности и периода повторения принятых импульсов временным параметрам запросных сигналов РЛС, вырабатывает импульс, поступающий на вход формирователя 6 импульса ответной паузы.

Формирователь 6 импульса ответной паузы производит кратковременное (порядка 1 мкс) прерывание передачи электромагнитных колебаний от СВЧ генератора в приемопередающую антенну 1. Данное прерывание может достигаться в простейшем случае путем отключения питания СВЧ генератора 2 или иными техническими решениями.

В соответствии с заложенным в работу РЛС принципом действия (см. стр. 74-87, [2]) по временному положению принятой радиоприемным устройством РЛС паузы

относительно момента посылки запросного радиоимпульса измеряется наклонная дальность до АРЗ, необходимая наряду с угловыми координатами для определения текущих координат нахождения радиозонда. При этом вносимая предлагаемым устройством временная задержка, связанная с приемом, обработкой и формированием ответной паузы, легко учитывается при калибровке РЛС.

Следует отметить, что условием нормальной работы СВЧ генератора 2 в режиме автодинного преобразователя частоты является выполнение неравенства:

$$f_{\text{разн}} > \Delta f_{\text{синхр}} / 2, \text{ где } \Delta f_{\text{синхр}} - \text{полоса синхронизации СВЧ генератора 2}$$

воздействующим сигналом. Полоса синхронизации, как известно (см. стр. 98, формула (7.8), в книге [10]), определяется соотношением мощности запросного  $P_{\text{запр}}$  сигнала и выходной мощности  $P_{\text{пер}}$ , излучаемой СВЧ генератором 2, а также зависит от такого внутреннего параметра СВЧ генератора, как внешняя добротность  $Q_{\text{вн}}$  его колебательной системы:  $\Delta f_{\text{синхр}} = 2f_{\text{изл}} \sqrt{P_{\text{запр}} / P_{\text{пер}}} / Q_{\text{вн}}$ .

Обычно величина внешней добротности  $Q_{\text{вн}} \gg 1$  и составляет десятки и сотни единиц. Кроме того, в реальных условиях работы системы радиозондирования уровень принимаемых запросных сигналов значительно меньше амплитуды собственных колебаний СВЧ генератора 2, т.е. величина соотношения  $P_{\text{запр}}/P_{\text{пер}}$  значительно меньше единицы. Поэтому при выборе разностной частоты  $f_{\text{разн}}$  порядка нескольких десятков МГц выполнение указанного выше неравенства ( $f_{\text{разн}} > \Delta f_{\text{синхр}} / 2$ ) не составляет проблемы даже при минимальной дальности до АРЗ, которая имеет место при его пуске. Экспериментальные исследования автодинного режима СВЧ генератора 2 в широком диапазоне уровней сигналов и частот подтвердили его работоспособность и пригодность для использования в перспективной разработке АРЗ (см. публикацию [19]).

СВЧ генератор 2 в предлагаемом устройстве работает практически при непрерывном излучении в режиме стационарных колебаний автодинного преобразования частоты принимаемых запросных радиоимпульсов и одновременной узкополосной частотной модуляции излучения сигналом телеметрического канала. Узкополосная частотная модуляция и формирование ответных пауз путем кратковременных отключений СВЧ генератора не оказывает существенного влияния на его режим работы и спектр излучения. Спектр предлагаемого устройства получается значительно уже, чем у прототипа и тем самым излучение автодинного приемопередатчика создает меньше помех работе других радиотехнических систем, включая системы ГЛОНАСС/GPS.

В режиме стационарных колебаний, при котором работает СВЧ генератора 2, практически не требуется дополнительных средств для стабилизации его рабочей точки по смещению активного элемента. Настройка СВЧ генератора 2 в оптимальной режим по параметрам чувствительности и динамике формирования автодинного сигнала сводится к выбору коэффициента связи с нагрузкой и установке требуемой частоты генерации (см. публикации [20, 21]). Этим достигается некоторое упрощение методики настройки приемопередатчика по сравнению с прототипом, что также обеспечивает преимущество предлагаемому устройству.

Кроме того, предлагаемое изобретение позволяет повысить помехозащищенность работы системы радиозондирования благодаря уменьшению или исключению ложных срабатываний устройства. Это достигается за счет селекции принимаемых сигналов по частотным и временным параметрам, обеспечивающей срабатывание приемопередатчика только по сигналам РЛС с заданными частотно-временными показателями.

Таким образом, предлагаемый автодинный приемопередатчик системы радиозондирования атмосферы при сохранении функциональных возможностей известных устройств обеспечивает достижение технического результата изобретения - повышение устойчивости режима работы СВЧ генератора и помехозащищенности к воздействию активных помех, улучшение спектральных характеристик излучения и исключение флуктуаций временного положения, глубины и ширины ответной паузы. При этом необходимо добавить, что использование предлагаемого приемопередатчика в составе существующих систем радиозондирования требует лишь несущественных конструктивных изменений в РЛС, связанных с введением частотного детектора в канал приема телеметрического сигнала, и перестройки частоты запросного передатчика на величину разностной частоты  $f_{\text{разн}}$ .

ЛИТЕРАТУРА

1. Современное состояние и перспективы развития систем радиозондирования атмосферы в России / В.Э. Иванов, А.В. Гусев, К.А. Игнатков, С.И. Кудинов, И.В. Малыгин, В.Я. Носков, О.В. Плохих, В.В. Рысев, О.А. Черных // Успехи современной радиоэлектроники. 2015. №9. С 3-49.
2. Иванов В.Э., Фридзон М.Б., Ессяк С.П. Радиозондирование атмосферы. Технические и метрологические аспекты разработки и применения радиозондовых измерительных средств, под ред. В.Э. Иванова. Екатеринбург. УрО РАН. 2004. 596 с.
3. Кудинов С.И., Гусев А.В., Иванов В.Э. Исследование методов совмещения частот приема и передачи в транзисторных сверхрегенеративных приемопередатчиках радиозондов // 23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2015): материалы конф. в 2 т. Севастополь: Вебер, 2013. Т. 2. С. 1026-1027.
4. Сверхрегенераторы / М.К. Белкин Г.И. Кравченко Ю.Г. Скоробутов Б.А. Стрюков // Под редакцией М.К. Белкина. - М.: Радио и связь, 1983, 248 с.
5. Сколник М. Введение в технику радиолокационных систем. - М.: Мир, 1965, 747 с.
6. Радиолокационные устройства (теория и принципы построения) / Под ред. В.В. Григорина-Рябова. - М.: Сов. радио, 1970, 680 с.
7. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Сколника. Нью-Йорк, 1970: Пер. с англ. Том 3. Радиолокационные устройства и системы / Под ред. А.С. Веницкого. - М.: Сов. радио, 1978, 528 с.
8. Антенны и устройства СВЧ. Расчет и проектирование антенных решеток и их излучающих элементов. / Под ред. Д.И. Воскресенского. - М.: Радио и связь, 1972, 320 с.
9. Малышев В.А. Бортовые активные устройства сверхвысоких частот. - Л.: Судостроение, 1990, 264 с.
10. Царапкин Д.П. Генераторы СВЧ на диодах Ганна. - М.: Радио и связь, 1982, 112 с.
11. Носков В.Я., Смольский СМ. Регистрация автодинного сигнала в цепи питания генераторов на полупроводниковых диодах СВЧ. (Обзор) // Техника и приборы СВЧ. 2009. №1. С. 14-26.
12. Kotani M., Mitsui S., Shirahata K. Load-Variation Detector Characteristics of a Detector-Diode Loaded Gunn Oscillator // Electronics and Communications in Japan. 1975. Vol. 58-B. No. 5. P. 60-66.
13. Радиоприемные устройства / Под ред. А.П. Жуковского. М.: Высшая школа, 1989, 342 с.
14. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983, 320 с.
15. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. - М.: Радио и связь, 1991, 376 с.
16. Щербаков В.И., Грездов Г.И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. - К.: Техника, 1983, 213 с.
17. Ерофеев Ю.Н. Импульсные устройства. - М.: Высшая школа, 1989, 589 с.
18. Хотунцев Ю.Л., Тамарчак Д.Я. Синхронизированные генераторы и автодины на полупроводниковых приборах. - М.: Радио и связь, 1982, 240 с.
19. Кудинов С.И., Иванов В.Э., Носков В.Я., Игнатков К.А. Экспериментальные исследования автодинного режима приемопередающего устройства радиозонда МРЗ-ЗМК // 22-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2012): материалы конф. в 2 т. Севастополь: Вебер, 2012. Т. 2. С. 900-902.
20. Гусев А.В., Малыгин И.В. Параметры чувствительности автодинного приемопередатчика метеорологической РЛС в режиме биений // 25-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2015): материалы конф. в 2 т. Севастополь: Вебер, 2015. Т. 2. С. 1007-1008.
21. Иванов В.Э., Кудинов СИ. Динамические характеристики автодинного приемопередатчика метеорологической РЛС в режиме биений // 25-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2015): материалы конф. в 2 т. Севастополь: Вебер, 2015. Т. 2. С. 1001-1004.

#### Формула изобретения

1. Автодинный приемопередатчик системы радиозондирования атмосферы, содержащий СВЧ генератор и связанную с ним приемопередающую антенну, отличающийся тем, что СВЧ генератор выполнен с возможностью электрического управления частотой и к нему подключены последовательно соединенные блок выделения автодинного сигнала, усилитель, обнаружитель запросного сигнала и

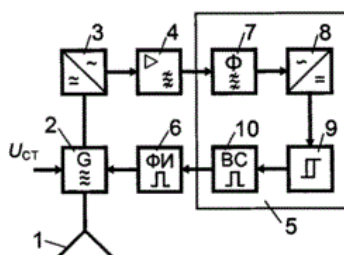
формирователь импульса ответной паузы, при этом выход формирователя импульсов ответной паузы связан с СВЧ генератором.

2. Автодинный приемопередатчик по п. 1, отличающийся тем, что обнаружитель запросного сигнала содержит последовательно соединенные полосовой фильтр, линейный детектор, компаратор и временной селектор запросных импульсов.

3. Автодинный приемопередатчик по п. 1, отличающийся тем, что частота СВЧ генератора отстоит от частоты принимаемых радиоимпульсов запроса на величину не менее половины полосы синхронизации.

4. Автодинный приемопередатчик по п. 1, отличающийся тем, что СВЧ генератор выполнен с возможностью прерывания работы подачей выходного импульса от формирователя импульса ответной паузы.

## АВТОДИННЫЙ ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИК СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ



Фиг.1.



